

# Встроенный модуль калибровки векторных анализаторов цепей

Владимир Губа, Олеся Быкова, Ольга Мосина,  
Александр Кириллов, Александр Савин (г. Томск)

Работа выполнена при поддержке Президента РФ (грант № МК-3107.2015.8).

**В статье рассматривается встроенный модуль калибровки векторных анализаторов цепей, позволяющий проводить измерения без отключения исследуемого устройства.**

Для выполнения повторной калибровки векторных анализаторов цепей, например, из-за дрейфа параметров измерительной системы со временем, при изменении температурного режима или других условий, необходимо отключать исследуемое устройство и прерывать процесс измерений. Это сопровождается увеличением затрачиваемого времени при тестировании, возрастанием нагрузки на оператора и невозможностью полноценной автоматизации всей процедуры. Избежать сложности можно с помощью встроенного в систему модуля калибровки, который позволяет достичь наивысшей точности в изменяющихся условиях без отключения исследуемого устройства.

Векторные анализаторы цепей применяются для измерений электрических характеристик радиотехнических устройств, модулей и блоков, причём как в лабораторных, так и полевых условиях. Совместно с внешними антеннами или датчиками они могут быть использованы для анализа различных

сред распространения сигналов или изучения свойств объектов в электронной, химической, медицинской и пищевой промышленности.

Наряду с генераторами сигналов, анализаторами спектра и осциллографами, векторные анализаторы цепей получили широчайшее распространение в компаниях, занимающихся актуальными вопросами и проблемами в радиотехнике и электронике.

Анализатор цепей представляет собой измерительную систему, состоящую, в общем случае, из компаратора, позволяющего вычислять комплексные коэффициенты передачи и отражения исследуемых устройств (ИУ); кабелей и переходов, наборов мер и управляющего программного обеспечения.

Для проведения точных измерений с помощью данной системы необходимо скомпенсировать систематическую погрешность, обусловленную идеальностью её аппаратных компонентов. Для этой цели проводят калибровку. В российской метро-

логии под калибровкой может пониматься несколько различных процедур. В настоящей статье калибровка – это штатная процедура настройки прибора перед использованием. В таком случае она сходна по назначению с установкой нуля и диапазона измерений для некоторых радиоизмерительных приборов.

Существует ряд измерительных задач, проводимых с помощью анализаторов цепей, которые требуют определения электрических параметров электронных изделий в различных внешних условиях, например при изменении температуры окружающей среды. Изменение температуры приводит не только к информативному изменению параметров ИУ, но и к изменению параметров используемых аксессуаров. Для исключения такого влияния на результат измерений необходимо выполнить калибровку системы в новых условиях. При этом может существенно возрасти время и трудоёмкость процесса получения точных и достоверных измерений, особенно при тестировании многопортовых устройств.

Другой пример сложной измерительной системы – комплекс для измерения параметров антенн. Размеры камеры, где производят измерения, могут быть достаточно большими. При необходимости проведения калибровки в плоскости подключения ИУ могут потребоваться сложные манипуляции, связанные с перемещением прибора, аксессуаров и непосредственно самой антенны.

Для решения рассмотренных классов задач удобно использовать отечественный прецизионный векторный анализатор цепей С1220 (далее – анализатор) и модуль калибровки (далее – модуль), официальный выпуск которого намечен на 2017 год. Оба устройства производятся компанией ПЛАНАР (г. Челябинск). Диапазон рабочих частот от 100 кГц до 20 ГГц, волновое сопротивление 50 Ом [1].

Во время измерений модуль подключается непосредственно к исследуемо-

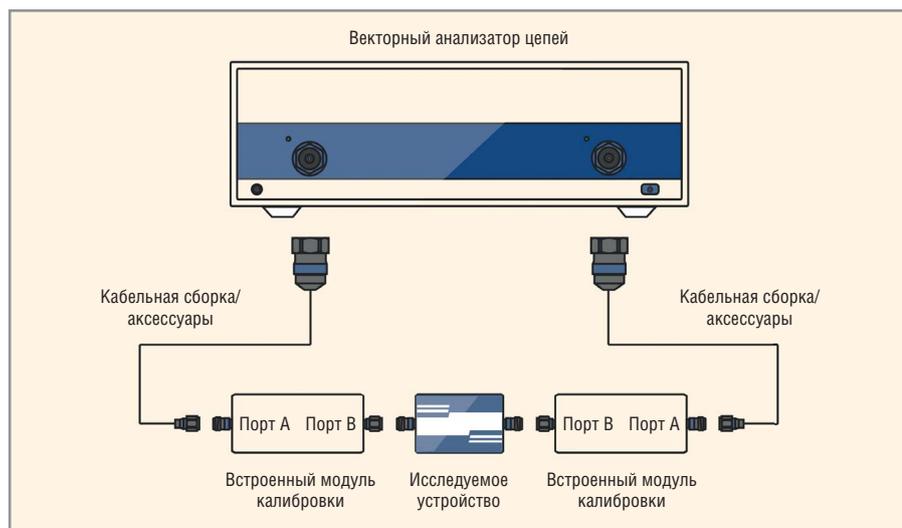


Рис. 1. Схема подключения двух модулей для проведения высокочастотных измерений

му устройству и позволяет компенсировать изменения характеристик тракта распространения тестовых сигналов, не связанных с изменением свойств этого устройства.

На рисунке 1 показана схема подключения двух модулей, с помощью которой можно проводить высокоточные измерения всех элементов матрицы рассеяния устройства и осуществлять калибровку системы в любой момент времени без его отключения.

Рассмотрим порядок применения.

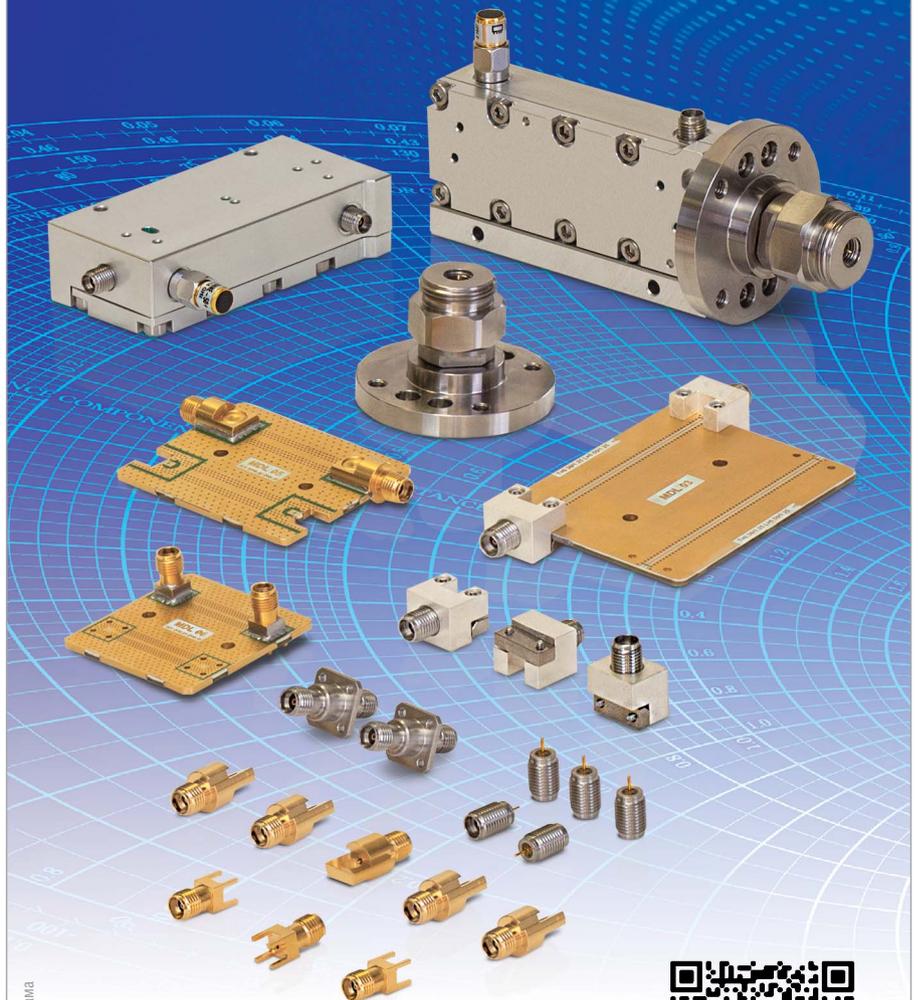
При изменении условий, связанных с долговременным дрейфом системы, смещением положения используемых кабелей или при значительном изменении условий окружающей среды, выполняется повторная калибровка анализатора в автоматическом режиме, компенсирующая любые изменения системы. Для этого последовательно производятся полные однопортовые калибровки каждого измерительного порта. После каждой калибровки осуществляется перенос плоскости на выход модуля (порт В), тем самым учитывается влияние внутренней перемычки.

Возможность реализации такой процедуры обусловлена конструкцией модуля и применением специального математического аппарата. Модуль может быть представлен как средство калибровки проходного типа. Каждый модуль содержит в своём составе не менее трёх мер коэффициента отражения (мер полного сопротивления), максимально разнесённых между собой на комплексной плоскости в диапазоне рабочих частот, и перемычку, соединяющую порты А и В во время измерений параметров исследуемых устройств.

В процессе однопортовой калибровки три или более внутренние меры (нагрузки) порта А с известными характеристиками последовательно подключаются к измерительному порту прибора. Переключение состояний осуществляется встроенными ключами. Смещение плоскости калибровки на порт В производится с учётом информации о матрице параметров рассеяния внутренней перемычки. Частотно-зависимые характеристики всех состояний находятся во внутренней памяти модулей. Дополнительно в память записаны температурные коэффициенты, позволяющие спрогнозировать его параметры в широком диапазоне температур.

## Элементы СВЧ тракта

- Направленные ответвители
- Переходы панельные в тракте 3,5 мм
- Переходы в тракте 2,92 мм:
  - Блочные
  - Торцевые
  - Торцевые экранированные
  - Вертикальные экранированные



Реклама



ООО «НПК ТАИР»  
+7 (3822) 901163

www.npktair.com  
tairtomsk@gmail.com



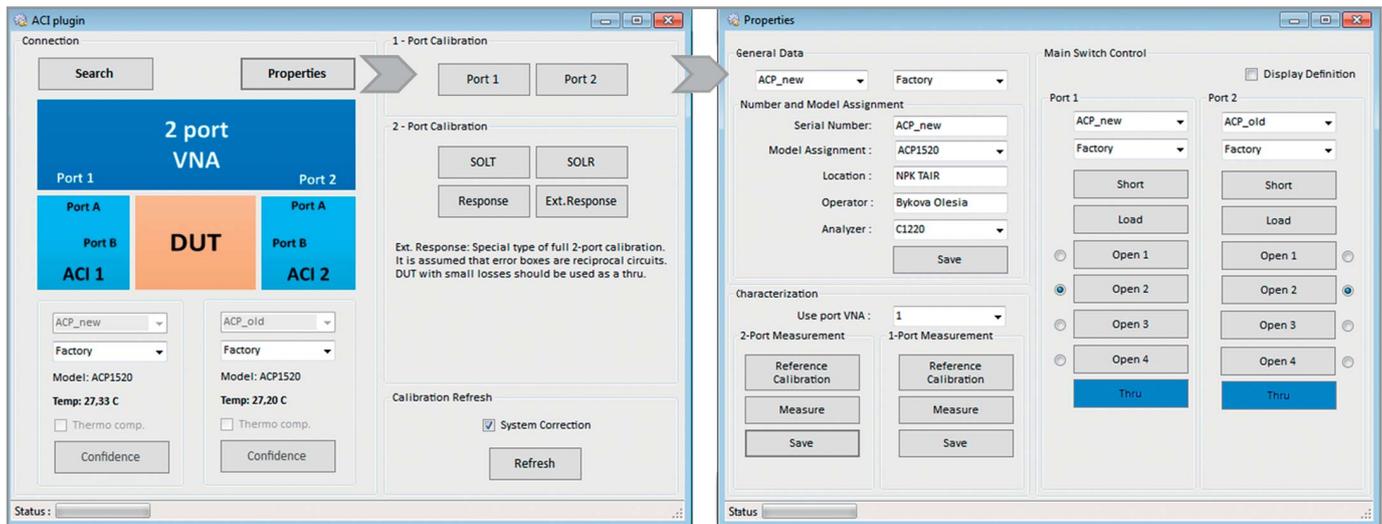


Рис. 2. Пример программного обеспечения измерительной системы

Пользователь имеет возможность проводить собственное описание всех состояний модуля и записывать данные в память для дальнейшего применения. Процесс описания – определение комплексных коэффициентов отражения мер и всех элементов матрицы рассеяния переключки в зависимости от частоты – называется характеристикой. Это может потребоваться при использовании дополнительного коаксиального перехода в целях защиты выходного порта или для подключения к устройству с иным типом соединителей.

Качество калибровки зависит от точности описания мер модуля и переноса плоскости (точностью характеристики переключки). Поэтому при проведении собственной характеристики рекомендуется осуществлять визуальный контроль чистоты соединителей используемых устройств, контроли-

ровать их присоединительные размеры, использовать тарированные ключи с регламентируемым крутящим моментом и дополнительные ключи (гаечные) для предохранения устройств от проворачивания в момент окончательного затягивания.

Для управления и питания модулей используется интерфейс USB. В качестве примера на рисунке 2 приведён интерфейс программы управления, которая автоматически определяет подключённые модули и управляет ими в процессе выбранной калибровки. Дополнительно она позволяет проводить пользовательскую характеристику.

Таким образом, с помощью представленного модуля калибровки можно быстро, качественно и в автоматическом режиме выполнить калибровку анализатора цепей без отключения исследуемого устройства.

Статья будет полезной радиоинженерам и метрологам, чья деятельность связана с использованием анализаторов цепей на этапе разработки, производства или приёмки электронных изделий.

Предлагаемое решение позволит значительно упростить процедуру векторной калибровки, особенно в задачах, связанных с измерением параметров антенн или с тестированием изделий в диапазоне температур.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Векторный анализатор цепей C1220. Технические характеристики. <http://www.planar.chel.ru/Products/Measurement%20instrument/c1220/>
2. Губа В.Г., Ладур А.А., Савин А.А. Классификация и анализ методов калибровки векторных анализаторов цепей. Тез. докл. Томского госуд. ун-та систем управления и радиоэлектроники. 2011. № 2 (24). С. 149–155.



**Новости мира News of the World Новости мира**

**Школа «Умный дом» на выставке HI-TECH BUILDING 2016**

Все, кто интересуется рынком домашней автоматизации, и кто желает получать новые качественные знания, могут 2 ноября 2016 г. посетить Школу «Умный дом» (Москва, ЦВК «Экспоцентр», павильон 1), которая впервые пройдёт в рамках крупнейшей в России и странах СНГ выставки в области автоматизации зданий и умных домов HI-TECH BUILDING.

Школа будет интересна компаниям и частным мастерам – электромонтаж-

никам, строительно-ремонтным организациям, начинающим инсталляторам, установщикам спутникового ТВ, производителям и установщикам систем безопасности, а также частным клиентам, желающим выполнять монтаж самостоятельно. Вход для слушателей – бесплатный, по предварительной регистрации на сайте мероприятия.

Формат Школы: презентации современных обучающих школ, технологические семинары по «умным» системам и системам безопасности, мастер-классы, лекции от производителей домашних систем автоматизации.

Темы мероприятия:

- «Дистанционная школа TELETASK. Курс быстрого старта», компания TELETASK;
- «Обучение основам применения системы автоматизации HDL buspro», ООО «БМС Трейдинг»;
- «Комплексное решение для управления инженерными системами здания», GIRA (представитель компании в РФ – ООО «ГИЛЭНД»);
- «Комнатные термостаты как неотъемлемая часть современной системы «Умный дом», ООО «Сименс»;
- Schneider Electric об обучении и курсах KNX.

[www.hitechbuilding.ru](http://www.hitechbuilding.ru)



*Производство электроники ответственного применения  
для сложных условий эксплуатации*



**15 лет в строю!**



**1000** проектов



**70 000** наименований



**2 000 000** изделий

- **Ежедневно:** реализация новейших мировых технологий и современных процессов, динамичное развитие производства и консервативно-строгое отношение к качеству
- **Весь путь ответственности:** от макетов и образцов до серийного производства, от комплектования до тестирования, от модуля до блока
- **Полный комплекс услуг:** участие в ОКР, поддержание склада для серийных программ, сервисное обслуживание, все виды работ по стандартам ГОСТ и рекомендациям IPC
- **Соответствие реальности:** опыт работы в конкурсных процедурах, соответствие требованиям ФЗ, комплект разрешительных документов для работы с любой отраслью применения электроники

[www.FACTORY.DOLOMANT.RU](http://www.FACTORY.DOLOMANT.RU)

